



La construction d'un système socio-technique

Madeleine Akrich

► To cite this version:

Madeleine Akrich. La construction d'un système socio-technique: Esquisse pour une anthropologie des techniques. *Anthropologie et sociétés*, 1989, 13 (2), pp.31-54. halshs-00005842

HAL Id: halshs-00005842

<https://shs.hal.science/halshs-00005842>

Submitted on 23 Nov 2005

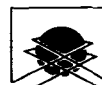
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LA CONSTRUCTION D'UN SYSTÈME SOCIO-TECHNIQUE

Esquisse pour une anthropologie des techniques

Madeleine Akrich



Dans cet article, nous nous proposons de traiter des relations entre les systèmes techniques et l'ensemble de ce qui est généralement entendu sous le vocable de « contexte » ou d'« environnement », et qui va de l'organisation sociale aux représentations du monde physique et naturel, en passant par les modèles dits culturels. Il existe plusieurs manières d'envisager cette question : la plus « populaire » sans doute, c'est-à-dire celle qui est souvent véhiculée par les médias, raisonne en termes d'impacts de la technologie sur la société¹. Cette métaphore balistique suppose l'existence séparée d'un projectile, la technologie, et d'un milieu, la société; la trajectoire du projectile résulte du jeu combiné de l'énergie du mobile et de la résistance du milieu dans lequel il est propulsé : il peut être rapidement arrêté par la présence d'obstacles de grande inertie, comme la résistance au changement, les forces sociales, etc., ou poursuivre très loin sa route en bousculant ce qui se trouve sur son passage, créant ainsi les fameux impacts qui peuvent être jugés positifs ou négatifs selon les cas. Ce n'est pas tant que cette représentation soit « fausse », nous nous efforcerons de montrer dans la suite comment elle participe du processus technologique lui-même, c'est plutôt qu'elle pose plus de questions qu'elle n'en résout : d'où les objets tirent-ils leur « énergie cinétique » ? Comme décrire les propriétés du « milieu » ? Force est de constater que nous ne disposons pas du plus petit élément permettant de construire la théorie mécanique qui décrive et rende prévisibles les formes d'interaction entre technologies et sociétés. À l'opposé de cette approche qui installe deux ordres de réalité autonomes, la technique et le social, obéissant à des logiques distinctes, on trouve un modèle, plus « savant », qui fait de la technologie une construction éminemment sociale : dans cette perspective, l'explication consistera à ramener l'ensemble des choix techniques, opérés lors de

1. Pour un exemple de cette position, on peut voir Amado (1985). Il faut noter que la littérature sur les transferts de technologie dans les pays en développement regorge de ce type d'analyse, dans la mesure où la séparation technologie/société se trouve inscrite bien souvent dans le dispositif même du transfert, et où les analystes peuvent se permettre quelques raccourcis — qui seraient jugés plus difficiles à accepter dans le cas des pays industrialisés — sur la nature des sociétés réceptrices, souvent supposées posséder un ancrage particulièrement fort dans les traditions et être, de ce fait, plus réfractaires aux innovations.

la conception du dispositif, à des déterminations sociales, comme le milieu d'origine des innovateurs, leur formation, leurs relations sociales, leurs convictions religieuses, philosophiques ou politiques, le contexte dans lequel l'idée a pris corps, etc.² Ce type d'analyse permet de caractériser des styles techniques et de retracer la genèse des formes prises par tel ou tel dispositif; elle a l'intérêt majeur de défaire l'idée selon laquelle l'élaboration des objets techniques obéirait à une rationalité purement technique, l'intrusion de facteurs sociaux dans le processus d'innovation constituant alors une dégradation, un parasite inacceptable, qui serait à l'origine des cas d'échecs et de dysfonctionnements des technologies (voir, par exemple, Micuta 1984). Mais à trop s'installer dans une position relativiste, elle perd la faculté de rendre compte des destins différenciés que subissent les objets techniques : comment, en effet, penser l'efficacité technique et sociale d'un dispositif, ou plus généralement les relations que celui-ci entretient avec son environnement, physique ou humain, si on le ramène au rang d'une production, presque organique, émanant d'un individu ou d'un groupe socialement marqué ?

Un certain nombre d'études³, menées indifféremment par des historiens, des sociologues, des ethnologues ou même des journalistes, permettent fort heureusement de sortir de l'alternative laissée par les approches précédentes, qui, en les caricaturant, obligent à verser soit dans le « sociologisme », soit dans le « technologisme ». Ces différentes contributions, qui traitent de cas d'innovations techniques ou scientifiques, nous montrent des innovateurs navigant sans arrêt en eaux troubles entre le social, le technique, l'économique, etc., négociant les contenus mêmes de leurs innovations avec les acteurs qu'ils souhaitent enrôler, y incorporant les résultats des différentes épreuves de toute nature qu'ils s'imposent, sachant changer de registre argumentaire en fonction des circonstances, etc., de sorte que l'innovation y apparaît, selon l'expression devenue célèbre de Hughes (1983), comme un « tissu sans couture » mêlant des éléments que l'on rapporté généralement à des catégories hétérogènes, comme le social, la technique, etc. Le cas d'Edison, tel qu'analysé par Hughes, est exemplaire de la fécondité d'une telle méthode : Edison a été présenté comme le prototype de l'inventeur fou mais génial. Le regard porté par Hughes sur son aventure nous le montre sous un jour tout à fait différent. Pour atteindre son but, construire un système électrique capable de supplanter les réseaux gaziers, il se dote d'une étonnante palette de moyens : il commence par multiplier les déclarations fracassantes, ce qui lui permet de mettre en forme l'opinion publique en même temps qu'il la teste, il s'entoure des scientifiques les plus brillants de l'époque dans tous les domaines susceptibles d'avoir un rapport avec son problème, s'associe avec un expert de la question financière capable de négocier avec les banques, déploie des trésors de mise en scène, lors d'une fastueuse réception dans

2. Relevant de ce genre, on peut citer l'intéressante analyse comparative menée par Eda Kranakis (à paraître) sur les ingénieurs en France et aux U.S.A.

3. Parmi ce corpus qui s'étend chaque jour davantage, nous citerons, par exemple, en ce qui concerne l'histoire et la sociologie des technologies « modernes » : Jenkins (1976), Hughes (1983), Kidder (1982), Shapin et Schaffer (1986), Latour (1984); dans un domaine plus ethnologique ou anthropologique : Lemonnier (1984).

son laboratoire, pour séduire les maires des grandes villes visées par son projet, et va même jusqu'à prévoir la reconversion des employés du gaz. Mais surtout, il trouve le moyen d'intégrer ces différentes « expériences » dans le processus même de conception du système technique. L'exemple de la lampe à incandescence est caractéristique de cette démarche : on a retrouvé dans ses carnets un ensemble de notes et de calculs qui mêlent de façon inextricable les lois de la physique au calcul des coûts et qui lui permettent d'inférer la nécessité, s'il veut supplanter l'éclairage au gaz, de mettre au point une lampe dotée d'un filament à haute résistance. Nous nous trouvons ici devant un objet technique qui incorpore dans sa définition même une certaine description du monde social, naturel, économique dans lequel il est appelé à fonctionner.

Cet article se situe dans la lignée des travaux que nous venons d'évoquer : nous nous attacherons à décrire un projet d'innovation — la conception, au Nicaragua, d'un système technique⁴ permettant de fabriquer des briquettes, destinées à la combustion, à partir des tiges de cotonnier — en montrant comment chaque choix technique se trouve au nœud entre des contraintes et des problèmes de nature très diverse. Mais, nous intéressant plus spécifiquement à la manière dont les objets techniques participent à la construction de notre culture, entendue au sens large du terme, nous essayerons de prolonger ce travail en direction de ce que l'on pourrait appeler une anthropologie des techniques. Nous ne nous arrêterons pas à l'analyse de la mise en forme des objets techniques, mais nous tenterons, à chaque étape du processus, de montrer comment le tracé d'un détail du dispositif technique est en même temps une description de l'univers socio-économico-physico-etc., dans lequel l'objet est appelé à évoluer et, à l'autre bout, comment chaque mouvement de l'univers, déployé par le développement du projet, redéfinit le contour des objets techniques. Plus que de suivre strictement l'élaboration d'un système technique, il s'agira de montrer la genèse simultanée de l'objet et de son environnement : en découvrant les différentes machines et leurs composants, nous verrons apparaître des pans de société ou de géographie nicaraguayenne, de sorte qu'il ne devrait plus rester, dans cette description, aucun élément que l'on puisse rapporter à la catégorie du « contexte », c'est-à-dire qui ne soit pas en quelque sorte traduit par l'objet lui-même. De cette manière, nous espérons avancer vers une compréhension affinée des relations que nous entretenons avec les objets techniques et de la place que ceux-ci tiennent dans notre monde quotidien.

De l'idée au problème

L'idée de l'utilisation des tiges de coton à des fins énergétiques est née de la rencontre, en 1982, entre le Beijer Institute, organisme suédois de recherche ayant des activités de coopération, et l'INE (Institut nicaraguayen de l'énergie), institution dont les attributions sont semblables à celles d'un ministère de

4. Nous employons le terme de système technique dans la mesure où il s'agit de développer un ensemble de technologies correspondant à des étapes de production différenciées.

l'Énergie qui, de plus, se chargerait de la gestion du réseau électrique national et du développement des nouvelles sources d'énergie. Les objectifs du projet, tels que définis dans les documents récents, sont formulés de la façon suivante :

- Utilisation d'une ressource agricole saisonnière, avec un pouvoir calorifique semblable à celui du bois et considéré habituellement comme un déchet ;
- Réduction de la pression actuelle sur les ressources forestières avec substitution des tiges de coton au bois ;
- Substitution partielle d'un combustible solide, local et renouvelable aux dérivés du pétrole.

La réalisation concrète de ces objectifs est, dès le départ du projet, inséparable de l'utilisation d'une technologie particulière qui est à l'origine même de leur formulation. La Suède, pays aux ressources forestières abondantes, a développé un certain nombre de technologies spécifiques parmi lesquelles figure une machine qui compacte et transforme en « briquettes » (de forme cylindrique...) les résidus forestiers. Ces briquettes sont utilisées comme combustible dans des chaudières de différents types, des petits modèles de chauffage en milieu résidentiel aux grandes installations industrielles. Pour les Suédois, le bénéfice principal des briquettes se mesure en économies réalisées sur la consommation de combustibles fossiles, ce qui, dans un contexte de crise du pétrole, n'est pas négligeable.

Les promoteurs du projet nicaraguayen sont d'emblée confrontés à une situation « végétalo-économico-politique » qui exclut le transfert terme à terme de la technologie. Le pays est partagé en trois zones différentes : la plaine de l'Ouest — très fertile, principal foyer de l'activité économique du pays, mais à l'intérieur de laquelle les forêts ont disparu au profit des cultures vivrières et d'exportation —, la zone montagneuse centrale — bien pourvue en arbres mais difficile d'accès —, et enfin la zone de l'Est, considérée comme un « enfer tropical ». À ce premier partage se superpose un second entre la partie du pays sous contrôle gouvernemental — c'est-à-dire essentiellement la plaine occidentale — et le reste du pays, soumis à la pression de la guerre. Cette intrication entre paramètres géographiques et paramètres politiques se traduit par des difficultés chaque jour croissantes pour assurer l'approvisionnement en bois de feu de la plaine occidentale. Pour la quasi totalité de la population, ce combustible représente l'unique source d'énergie utilisée pour la cuisine, d'où le caractère crucial de la situation qui rend impossible le déplacement, sans modifications, du système technique suédois : de l'avis général, on ne peut pas augmenter davantage la pression sur des ressources forestières déjà insuffisantes ; en d'autres termes, il faut trouver une autre matière première que le bois pour faire les briquettes.

Les promoteurs du projet de briquettes en sont donc amenés à faire une hypothèse technique sur la capacité de la machine de compactage à traiter aussi bien que les résidus forestiers d'autres types de résidus, en l'occurrence des résidus agricoles. Cette substitution de matière première constitue la première transformation de la technologie effectuée par ceux qui s'efforcent de la transférer. Nous reviendrons longuement sur les conséquences de ce choix.

Le choix du coton

La culture du coton occupe une très grande place au Nicaragua : elle permet d'importantes rentrées de devises⁵ et, à ce titre, de larges superficies lui sont consacrées dans la partie occidentale du pays. Cette culture est caractérisée par un fort regroupement géographique et administratif (la taille moyenne des exploitations est élevée), et par une certaine abondance de ressources techniques du fait de sa totale mécanisation : aucun facteur limitant de ce côté-là à l'extension de la production de briquettes.

Dès le début des années 80, les Nicaraguayens s'étaient demandé dans quelle mesure ils pouvaient valoriser ce déchet : ils ont réalisé à l'époque quelques essais de récolte afin d'évaluer la quantité de tiges disponibles par unité de surface. Cette expérience les amena à la conclusion que les tiges de coton représentent une énorme quantité de biomasse « perdue » : elles doivent être détruites après chaque récolte, soit brûlées, soit réincorporées au sol, afin d'éviter que la récolte suivante ne soit infestée et ruinée par les insectes parasites. Si la qualité des sols ne s'est pas altérée avec la pratique de la monoculture, celle-ci a favorisé le développement de ces fléaux dont l'élimination grève lourdement les coûts de production du coton. Le raisonnement des promoteurs du projet de briquettes (que nous désignerons dans la suite par leur appartenance institutionnelle : « l'INE ») peut se résumer ainsi : « Si nous proposons aux agriculteurs de les débarrasser des tiges de coton, nous les soulageons d'une tâche à laquelle ils ne peuvent se dérober, puisqu'elle est prescrite par la loi, et ils ne peuvent que nous en être reconnaissants. » La source de la déforestation — l'extension démesurée des cultures d'exportation — devient dans ce dispositif ce par quoi cette même déforestation peut être vaincue : schéma séduisant, au moins intellectuellement. Reste à trouver les moyens de capter cette richesse potentielle : le problème de la récolte des tiges de coton est un volet essentiel du projet⁶.

La substitution au bois

Comme nous l'avons vu plus haut, à l'origine du projet, ses promoteurs attendaient des briquettes de coton qu'elles permettent d'économiser à la fois sur la consommation en dérivés du pétrole et sur la consommation en bois : cela aurait été rendu possible par la présence de ce nouveau combustible sur deux segments de marché distincts :

À l'origine, on avait pensé aux petites et moyennes industries, en substitution au pétrole. Les briquettes auraient servi de combustible pour produire de la vapeur... Mais ce n'était pas faisable : il fallait changer les équipements de ces industries. On s'est tourné vers les petites entreprises de boulangerie et, plus généralement, les activités domestiques, en substitution au bois (cadre de l'INE).

Face à une épreuve (convaincre les industries) dont l'issue est par trop incertaine, l'INE prend délibérément un cap qui l'éloigne encore un peu plus de

5. Le coton est le deuxième générateur de devises au Nicaragua, après le café.

6. Notons que, parallèlement au coton, d'autres sources de biomasse ont été envisagées, comme les tiges de tabac ou les pailles de riz : elles ont été progressivement éliminées au fil des épreuves imposées par le projet.

l'expérience suédoise : le transfert de celle-ci se trouve ainsi limité au déplacement de la machine de compactage, en vue d'objectifs distincts de ceux qui ont favorisé sa définition et son usage en Suède.

En même temps que se définissent des objectifs techniquement et socialement « réalistes », s'affine l'argumentation qui permet d'en justifier le choix. Deux points forts en scandent l'énoncé : les possibilités gigantesques offertes par l'utilisation des briquettes de coton — on estime la production potentielle à 1/6 de la consommation totale du bois de feu au Nicaragua — et la difficile mise en place de solutions de remplacement. Pour faire des plantations d'arbres, il faut de la surface, aussi près que possible des lieux de consommation, afin de minimiser les coûts de transport. La plaine occidentale concentre à la fois la majeure partie de la population et la quasi totalité des activités agricoles : c'est même cette conjonction qui est à l'origine des problèmes de déforestation et d'approvisionnement en bois. La reforestation passe obligatoirement par la conversion de terres agricoles en plantations d'arbres, opération coûteuse en devises, ce qui, dans la conjoncture actuelle de pénurie, est difficile à faire accepter. La situation du bois est grave, mais pas au point de remettre en cause la partie de la politique agricole tournée vers l'exportation. C'est du moins l'un des points sur lesquels repose l'argumentation de l'INE en faveur de la substitution d'autres combustibles au bois : le manque de devises milite pour les briquettes de coton.

Cette définition des objectifs et des « causes » du projet ne s'est pas faite du jour au lendemain, elle a été nourrie par le déroulement du projet lui-même : en effet, tout choix portant sur les paramètres techniques, aussi primaire soit-il (transfert d'une compacteuse, utilisation des résidus du coton), repose sur un certain nombre d'hypothèses sur l'environnement qui, dans le même temps qu'elles sont explicitées, sont éprouvées par la réalisation (ou l'irréalisation) progressive du projet. À la fin de cette première étape, nous nous retrouvons avec une description « naturalisée » du monde dans lequel doit prendre place le dispositif technique : ce n'est plus parce qu'il s'avère trop difficile de convaincre les industriels de changer leurs machines que l'on se tourne exclusivement vers la substitution au bois de feu ; à l'inverse, la situation du bois de feu fait figure de cause première du projet, qui se présente comme l'unique solution possible permettant de résoudre ce problème.

Conclusion

Nous étions partie d'une « idée », transférer une machine suédoise de compactage au Nicaragua : comme dans tout projet d'innovation, cette idée se présente essentiellement comme un nœud, qui a la forme d'un projet socio-technique (construire l'environnement technique et social dans lequel la machine suédoise va s'intégrer), entre des « faits » jusqu'alors disparates (d'un côté, une machine suédoise, de l'autre, la situation nicaraguayenne). Dans un second temps, le travail des acteurs peut être décrit comme un processus de problématisation⁷, qui les conduit à formuler un problème et, ce faisant, à définir les acteurs

7. Nous utilisons ici ce concept au sens défini par Callon (1986).

intéressés à la résolution du problème, et enfin, à placer leur projet en position de point de passage obligé pour tous ces acteurs. La compacteuse constitue un dispositif d'intéressement, qui permet de tenir ensemble les consommateurs de bois de feu, la politique agricole nicaraguayenne, la géographie économique-politique du pays, les contraintes liées à la culture du coton. Mais pour solidifier cet assemblage et le rendre vraisemblable, il faut d'abord démontrer que la compacteuse est capable de traiter les tiges de coton : il existe un certain nombre de présomptions favorables, en particulier du fait que les tiges de coton, bien que d'une densité beaucoup plus faible, ont la même composition chimique que le bois ; encore faut-il qu'elles aient le même comportement mécanique lors de l'épreuve de compactage. Cette vérification est l'une des premières tâches auxquelles s'attelle l'INE. Tout se passe pour le mieux : aucune modification n'est nécessaire pour que le compactage se fasse correctement, et les briquettes ont une tenue suffisante qui rend inutile la recherche d'un produit agglutinant. Au travers de cette expérimentation, les Nicaraguayens établissent formellement l'équivalence entre les tiges de coton et le bois, équivalence qui leur permet de passer à l'étape suivante du projet. La machine de compactage n'est qu'un élément du dispositif global mis en place pour aboutir aux briquettes : fait relativement inhabituel dans ce type d'opérations, le transfert sans modification de la machine de compactage a entraîné autour d'elle une prolifération d'innovations spécifiquement conçues en rapport avec la situation particulière du Nicaragua, pour résoudre le problème de la captation de la matière première, qui ne pouvait que se poser en des termes très différents du cas suédois.

Quand la technique définit son monde...

Le problème de la captation

La cueillette des tiges de coton doit satisfaire un certain nombre d'exigences : la plus importante concerne la durée. Les insectes prédateurs du coton imposent non seulement la destruction des tiges, mais déterminent une périodisation de l'activité agricole. Pour éviter leur prolifération, la loi prescrit un délai de 60 à 90 jours après la cueillette de la fibre de coton pour la réalisation de cette opération d'élimination des résidus. Les promoteurs du projet de briquettes doivent inscrire leur action dans ce scénario fixé par avance : d'emblée se trouvent définis deux « temps », celui de la cueillette limité à trois mois de l'année, et celui de la production qui, pour maximiser l'utilisation des machines et assurer une fourniture continue, s'étale sur l'année entière. L'articulation entre ces deux unités temporelles requiert un dispositif « tampon » de stockage, de taille importante, étant donné la faible densité des tiges de coton à l'état brut. La nécessité du stockage des tiges est donc une conséquence de l'action des insectes prédateurs qui participent à plusieurs titres à la mise en forme du projet.

Les premiers essais de cueillette se font manuellement : les ouvriers agricoles coupent les tiges à l'aide de machettes, puis avec des scies circulaires portatives. Il apparaît très vite que ce mode de fonctionnement n'est pas envisageable à grande échelle. C'est un travail très dur qui, de plus, doit être effectué sous un

soleil de plomb, pendant la période la plus chaude de l'année. La légèreté du matériau induit des rendements faibles ; pour arriver à des tonnages conséquents, il faut couper une énorme quantité de tiges⁸. Le fait décisif qui rend irréalisable la cueillette manuelle est la pénurie de main-d'œuvre. Avant la guerre, déjà, un certain déficit existait, mais il était comblé par l'apport saisonnier de travailleurs venus des pays voisins. Depuis le début du conflit nicaraguayen, non seulement cette migration traditionnelle ne peut plus avoir lieu, mais de plus une certaine part de la population active se trouve engagée dans les opérations militaires. Enfin, la périodisation obligatoire des opérations d'élimination des tiges introduit une nouvelle rigidité. Pour respecter les délais prescrits, le front défini par la cueillette des tiges doit progresser à la même allure, en léger décalage, avec celui de la récolte du coton, ce qui implique un recouvrement temporel presque total des deux opérations : il est impossible d'affecter le personnel, déjà occupé par le prélèvement de la fibre, aux opérations de cueillette des tiges. C'est, à ce stade du projet, la seule contrainte non négociable avec les haciendas.

Partant de cet ensemble de constatations, l'INE tente une deuxième expérience, dite cueillette semi-mécanisée, qui s'effectue à l'aide d'une arracheuse anglaise, venue du Soudan, laquelle s'utilise montée sur un tracteur, emprunté au matériel agricole de l'hacienda. Comme le Nicaragua, le Soudan pratique la culture intensive du coton et comme au Nicaragua, les insectes prédateurs sont le fléau majeur de cette agriculture. Mais, là-bas, l'élimination du réservoir à fléau que constituent les tiges passe par l'arrachage obligatoire des arbustes. D'où l'existence d'une machine à arracher : au fur et à mesure de l'avancée du tracteur, les tiges rencontrent des couples de roues, en gros placées dans un plan perpendiculaire au mouvement du tracteur⁹. Chaque couple est constitué de deux roues ayant un faible écartement entre elles et tournant en sens inverse l'une de l'autre. Lorsqu'une tige se trouve à proximité de ces roues, elle est happée dans leur interstice et tirée vers le haut, ce qui provoque son arrachement.

La semi-mécanisation se révèle ne pas remplir exactement les fonctions qu'on en attendait. Après arrachage, les tiges tombent en désordre sur le sol, ce qui rend le ramassage long et encore trop coûteux en main-d'œuvre¹⁰. D'où l'idée de concevoir une machine spécifique pour la cueillette des tiges qui permette de prendre en compte la situation particulière de la main-d'œuvre au Nicaragua. Le « détour » par la machine anglo-soudanaise va aboutir à une prédéfinition du nouvel engin : deux options différentes ont été testées au cours des expériences précédentes, le coupage et l'arrachage. L'arrachage fait apparaître au grand jour

-
8. Chaque arbuste mesure environ deux mètres de haut, pour un diamètre de 2 à 3 cm et un poids total d'environ 250 grammes.
 9. En fait, elles sont légèrement obliques, pour que le mouvement global, résultant de la vitesse du tracteur et de l'action des roues, communiqué à la tige, soit vertical.
 10. Un article écrit par la partie suédoise du projet (Svenningsson 1985) fait état d'un autre problème : au Nicaragua, où le climat est plus humide qu'au Soudan, les tiges de coton atteignent des dimensions supérieures ; de ce fait, lors de l'arrachage, elles ne sont pas expulsées, comme au Soudan, vers l'arrière de la machine, mais restent à l'avant, entraînant le blocage de la machine. Le climat joue donc ici un rôle de différenciateur entre le Nicaragua et le Soudan, dont on avait pensé a priori la similitude au moins du point de vue des problèmes liés au coton.

la partie souterraine de l'arbuste : les racines représentent à elles seules 40 % de la biomasse totale : l'utilisation d'une nouvelle technique modifie ainsi la définition des tiges de coton et leur « poids » physique, mais aussi socio-économique. Pour cette raison, les concepteurs de la machine optent dès le départ pour une machine d'arrachage et non de coupage et empruntent au modèle soudanais son principe technique fondamental, à savoir les couples de petites roues tournant en sens inverse l'une de l'autre. Sur ce dispositif premier, vont se greffer tout un ensemble d'autres organes qui ne font de la machine nicaraguayenne qu'une lointaine cousine de la soudanaise.

Naissance d'un « monstre »¹¹

Pour remplir la mission qui lui est impartie, la nouvelle machine doit pouvoir collecter les tiges de coton et les mettre en ordre de telle sorte que les interventions humaines dans le champ, jusqu'à l'aire de stockage, soient réduites au minimum. Une autre contrainte émerge des expériences précédentes ; si l'hacienda collabore dans la phase expérimentale en prêtant du matériel agricole, elle fixe les limites de cette collaboration au stade industriel :

Étant donné le rapport entre la quantité de machines et la surface à traiter, durant la période de récolte du coton, on ne peut pas prêter de machines. C'est impossible. Il faut des machines spécifiques pour les tiges (directeur de l'hacienda).

Le tracteur, c'est-à-dire à la fois le moyen de déplacement et la source d'énergie pour les équipements annexes, doit être intégré à la nouvelle machine. Son ossature est composée d'une plate-forme reposant sur quatre roues, sur laquelle se trouve la cabine du chauffeur-opérateur. L'ensemble est mû par un moteur classique. Là s'arrêtent les comparaisons : devant la multiplicité des opérations à réaliser, mais en même temps leur parenté profonde — transmettre des mouvements —, il est opéré une séparation stricte entre tout ce qui relève de la fourniture de la puissance première, fonction que le moteur est seul à assurer, et tout ce qui relève de la transmission du mouvement dont un unique système hydraulique est chargé.

Tout le système est un système hydraulique : les moteurs qui actionnent les tambours qui donnent le mouvement pour le transport sont des moteurs hydrauliques. Pour l'avancement de la machine, une seule pédale : quand on lève le pied, elle s'arrête. Avoir un système hydraulique, ça veut dire que la force se transmet par une pression d'huile, fournie par le moteur. Cela peut être aussi pneumatique, mais dans ce cas, l'hydraulique paraissait plus adaptée. C'est beaucoup plus simple et plus fiable que les transmissions mécaniques (ingénieur de l'INE).

Pour éviter une prolifération d'engrenages, de mécanismes qui, chacun, peuvent être indépendamment source de défaillance, les concepteurs choisissent la centralisation avec l'utilisation d'un principe unique et vont de ce fait jusqu'à redéfinir la conduite d'un tel engin : dans un pays aux ressources techniques et

11. C'est ainsi que ses concepteurs qualifient leur machine, imposante de par sa taille et la complexité des opérations qu'elle réalise.

financières limitées, l'économie de moyens, loin de n'être qu'une recherche d'élégance technique, représente une méthode permettant de s'affranchir des contraintes d'approvisionnement : les pièces d'un dispositif hydraulique sont en nombre limité et en partie interchangeables.

De cette plate-forme centrale partent deux grands bras, au bout desquels se trouvent les petites roues arracheuses. Celles-ci peuvent être orientées, depuis la cabine, en hauteur et en angle, ce qui permet d'adapter leur position aux irrégularités du terrain et à la vitesse de l'engin. Les deux grands bras ne sont pas, à la différence de la machine soudanaise, de simples relais entre la partie motrice de l'engin et la partie arrachage : ils servent de support au système de transport des tiges. Venant d'être arrachés au sol, les arbustes sont en position verticale, d'où l'intérêt d'avoir un système de transport qui « profite » de ce pré-arrangement ou plutôt de cette absence de perturbation de l'ordre naturel. L'arbuste, à peine sorti des petites roues extractrices, va être pris entre deux courroies (plus exactement deux jeux de courroies) qui poursuivent en moins intense et en plus long le travail d'élévation entamé par les petites roues.

Sur la plate-forme, à l'arrivée du système de transport, se trouve un dispositif de confection de fagots. Il est constitué d'un arbre-tronc, sur lequel sont implantées trois paires de bras qui ont la capacité de s'ouvrir et de se refermer, analogue de l'ouvrier qui enserre des paquets de branches de plus en plus gros ; l'ouvrier n'a pas seulement besoin de la force brute de ses bras, il lui faut aussi disposer d'une faculté de jugement qui lui fasse arrêter la constitution de son fagot quand celui-ci dépasse une certaine taille, déterminée par la capacité du porteur (ici des hommes) qui va ensuite le ramasser :

La pression exercée par les bras est toujours la même ; ce qui fait que leur course est fonction de la quantité de tiges amassées. Quand la course des bras atteint un certain seuil, l'arbre des bras pivote de 180°. Pendant ce temps, les tiges s'accumulent à la sortie du système de transport. Ensuite le fagot est attaché et libéré ; puis les bras recommencent leur travail... (ingénieur de l'INE).

Rendre « raisonnable » les bras, c'est limiter leur force et l'amplitude de leurs mouvements, les rendre encore plus anthropomorphes. Une fois son travail achevé, l'« ouvrier » se retourne et passe à son « voisin » le fagot constitué. Les fagots sont ensuite lâchés sur le champ où ils restent à sécher pendant quelques jours avant d'être emmagasinés : le travail humain est réduit à leur ramassage.

La machine incorpore dans son dessin une certaine définition de l'organisation du travail : celle-ci résulte du rétrécissement des possibles réalisé par les expérimentations précédentes qui ont forcé les contraintes techniques et sociales à se déterminer. L'environnement spatial est lui aussi intégré dans la machine : le champ de coton apparaît, avec ses irrégularités de terrain, dans le système moteur de l'engin. Les quatre roues ne sont pas de simples roues de tracteur : elles sont à traction et à suspension indépendantes, ce qui permet de préserver à tout moment l'horizontalité du système d'arrachage. Pour résoudre ce problème, il y avait en théorie deux possibilités : soit aplanir le terrain, ce qui requiert une transformation profonde des processus agricoles, soit modifier le point de vue de la machine pour qu'elle ne voie qu'un terrain plat ; c'est cette opération que réalisent les tractions et suspensions indépendantes.

Conclusion

Les concepteurs de la machine ont inscrit, dans sa forme même, une certaine définition de l'environnement social, technique, spatial, etc., dans lequel elle doit fonctionner : la description que nous en avons donnée est indissociablement description de la machine et description de cet environnement ; elle serait incompréhensible autrement. Si la machine fonctionne parfaitement bien, elle rend « réaliste » sa définition de l'environnement : à l'inverse, tout dysfonctionnement peut être lu comme l'intervention d'un (f)acteur inattendu. Un innovateur qui réussirait du premier coup à produire une machine performante, c'est-à-dire qui réalise par son existence le monde dont elle est l'inscription, serait doué de facultés divinatoires hors du commun : de fait, de petits problèmes ont émaillé l'expérimentation nicaraguayenne, dont nous ne retiendrons ici que celui lié à la morphologie des tiges de coton.

Envisagés au départ comme de simples tiges verticales et homogènes, les arbustes ne se laissent pas réduire à cette définition. Les racines « revendiquent » leur spécificité en se coinçant dans le système de transport et en enrayant son bon fonctionnement ; l'ensemble de l'arbuste manifeste son hétérogénéité de densité (il y a plus de volume de tige en bas qu'en haut) en s'inclinant au cours de son déplacement : deux modifications du dispositif vont permettre de contourner cette « résistance » des tiges : la pente du système de transport est réduite, ce qui permet de répartir différemment le poids et d'arriver à l'équilibre ; un fond est ajouté sous l'ensemble afin de mieux contrôler le passage des racines et d'éviter leur coincement. Actrices, au sens plein du terme, que l'on n'attendait pas, les tiges entraînent par leur comportement une remise en cause, partielle et momentanée, de l'objet technique, dans le même temps que leur « nature » se trouve redéfinie. Dans un processus d'innovation (mais nous pourrions dire dans toute situation qui suppose une confrontation, qu'il s'agisse du droit, de la science ou de la sorcellerie), les catégories du social, du technique, du naturel, etc., sont produites par une épreuve qui vise à faire se déterminer des causes et à introduire un ordre dans une réalité confuse et indifférenciée. Dans les cas des objets techniques, ce partage entre différents ordres de réalité n'est définitivement stabilisé que lorsque plus rien ni personne ne vient revendiquer, d'une manière ou d'une autre, une place, un rôle, une volonté, des compétences, etc., différents de ceux qui lui sont attribués dans le scénario que constitue la machine : supposons, par exemple, que les tiges continuent à ne pas transiter correctement dans le dispositif de transport, il faudrait alors de nouvelles épreuves permettant de départager les causes possibles de ce phénomène, un paramètre de la géométrie des tiges que l'on n'aurait pas pris en compte, un défaut des courroies ou un conducteur de l'engin incompétent...

Dans cette première partie, nous nous sommes placée essentiellement du point de vue de l'objet technique et de ses concepteurs et nous avons essayé de montrer comment l'on cherchait à produire l'alignement entre le scénario inscrit dans la machine et l'histoire décrite par son fonctionnement. Dans le cas précis de la récolte des tiges de coton, il paraît vraisemblable (ou du moins, c'est l'objectif fixé à terme) que l'on arrive à déléguer suffisamment de tâches et de compétences

à l'objet technique pour que celui-ci, ayant intégré en lui-même son environnement, n'ait pratiquement plus besoin pour fonctionner que d'autres acteurs fassent preuve de beaucoup de volonté et de compétences. Mais ni l'arracheuse ni la compacteuse ne sauraient suffire à elles seules pour faire aboutir le projet de briquettes, il faut encore que les briquettes trouvent des utilisateurs : ceux-ci, de par la relative richesse des opérations qui leur incombent (achat, stockage, utilisation pour des tâches culinaires et domestiques variées), constituent une pièce maîtresse du dispositif.

Quand le monde redéfinit la technique

Avant de nous tourner vers les utilisateurs et afin de situer plus précisément leur place, il nous faut donner un aperçu de l'organisation finale de la production et de la commercialisation, telle qu'elle a été prévue par l'INE. Très tôt, les concepteurs ont réfléchi à la manière dont les différentes étapes, du ramassage à la vente, pourraient s'articuler : le processus, qui permet de transformer des tiges de coton en un bien marchand, est relativement complexe et demande une série d'opérations distinctes qui peuvent être liées entre elles par des procédures différentes, du simple enchaînement technique à la transaction marchande. Et selon la manière dont cette liaison est effectuée, le partage des tâches et des bénéfices entre les différents acteurs, des hommes aux machines, que le projet est forcé d'associer diffère, ce qui signifie qu'il est extrêmement difficile de prendre des décisions techniques sans avoir une idée de l'organisation globale du système. Le scénario prévu est le suivant :

Il y aura une unité centrale qui assurera le suivi et la maintenance des équipements, et une série de sites de production, localisés à l'intérieur ou à proximité des exploitations agricoles et produisant chacun 5 000 tonnes par an de briquettes. Dans chaque site, il y aura des machines d'arrachage et des machines de fabrication des briquettes (INE).

Le choix de cette forme d'organisation centralisée/décentralisée est lié aux caractéristiques « naturelles » des tiges de coton et à l'organisation socio-économique de leur culture : la faible densité des tiges rend irréalisable au plan économique le transport à grande échelle et à grande distance de la matière première ; par ailleurs, l'organisation de la culture du coton en grandes haciendas permet de concentrer en un seul lieu des quantités suffisantes de biomasse pour justifier l'implantation d'un système de production. L'unité de base pour la production serait constituée d'une machine d'arrachage pour deux machines de compactage. Mais si la production des briquettes se fait dans les haciendas, quel type de relations faut-il envisager avec celles-ci ? L'INE part de l'idée que le simple fait de retirer les tiges de coton du sol pour les transformer en combustible leur confère une valeur économique¹². C'est autour de cette économisation de l'arrachage que l'INE entend construire un système organisationnel qui permette de dégager des bénéfices pour les exploitants agricoles :

12. Bien qu'on puisse considérer qu'elles sont « incorporées » négativement dans les coûts de production de coton.

Il n'y a pas de prix de vente des pailles de coton, c'est un projet expérimental. L'hacienda collabore. Dans le futur, la situation peut changer : il est fort possible qu'on paie les pailles ; mais on pourra négocier le fait qu'ils nous les livrent toutes préparées à l'usine (INE).

L'idée est donc de séparer, dans le processus de fabrication des briquettes, deux sphères d'activité, l'arrachage et la préparation des tiges qui seraient prises en charge par les opérateurs agricoles et la production proprement dite des briquettes qui relèverait d'une société indépendante, fonctionnant sur le double mode décentralisé/centralisé comme nous l'avons vu précédemment. L'échange entre ces deux sphères se ferait par le biais de transactions marchandes. Le fonctionnement de la sphère agricole suppose un équilibre entre, d'un côté, les investissements nécessaires en machines et les dépenses de fonctionnement et de l'autre côté, les recettes dégagées par la vente des tiges. Du côté des coûts, le travail de mise au point et d'expérimentation des arracheuses est le point clé du dispositif ; c'est seulement à la fin de ce processus que l'INE pourra avoir une idée claire des prix d'achat possibles, des rendements probables des machines et des bénéfices escomptables par les exploitants agricoles.

Rien ne dit, à ce stade du raisonnement, si les prix finaux de production sont en rapport avec les prix de vente que l'on peut escompter pour les pailles de coton. Pour cela, il faut être capable d'évaluer le prix de vente des briquettes sur le marché et les coûts de production des briquettes à partir des tiges de coton préparées : le deuxième terme est le plus immédiatement accessible : les compacteuses existent déjà dans le commerce et on peut imaginer l'ordre de grandeur de leur rendement global. Par contre, le premier terme demande une expérimentation qui permette de tester en réduction les possibilités du marché. Les promoteurs sont dans une situation presque paradoxale, mais qui est celle de la plupart des innovateurs : ils ont besoin de connaître le marché avant même qu'il n'existe et d'estimer le prix de machines pas encore conçues : ils se trouvent dans l'obligation de tenir simultanément, sans en tenir encore aucun, les deux bouts de la chaîne. Les paramètres techniques, sociaux, économiques sont intriqués les uns dans les autres et l'on ne peut les démêler qu'en avançant dans le projet, en faisant des machines dont on ignore l'avenir réel, en testant des utilisateurs de la représentativité desquels on ne peut être sûr, etc. Dur labeur que celui de l'INE qui s'efforce de progresser sur tous les fronts en même temps.

Les utilisateurs, des acteurs à part entière

La fabrique de briquettes compte une soixantaine de clients réguliers, appartenant à deux types différents : les consommateurs domestiques et les consommateurs artisans. Ces derniers se répartissent en deux groupes, les boulangeries et les autres entreprises (tortilleria¹³, comideria¹⁴). Les boulangeries consommatrices de briquettes sont au nombre des 17 sur un total départemental de 300. Elles sont organisées en coopérative et produisent à tour de rôle, une ou deux fois par semaine chacune, cette faible fréquence étant due au manque de

13. Fabrique de tortillas : crêpes de maïs.

14. Sorte de « cantine », fabrication de plats simples vendus dans la rue : maïs, brochettes, etc.

farine. Grâce à cette organisation, le recrutement des 17 boulangeries s'est en partie fait de bouche à oreille : les premiers boulangers impliqués dans l'expérience en ont parlé à leurs confrères qui ont réclamé à leur tour l'approvisionnement en briquettes. Les consommateurs domestiques habitent soit Chinandega, la petite ville dans laquelle est implanté le projet, soit Posoltega, un village aux environs de Chinandega. Cette double localisation permet de tester la réaction des citadins et des ruraux, deux groupes qui n'ont pas forcément les mêmes habitudes ni l'accès aux mêmes ressources.

Dès le départ, les briquettes ont été vendues à un prix arbitraire, c'est-à-dire qui ne correspondait à aucune évaluation des coûts de production. Peu à peu, lorsque des « bénéfices » liés à l'utilisation des briquettes sont apparus et se sont consolidés, ce prix a été réévalué de telle sorte qu'il peut être considéré comme une mesure de la confiance et du niveau de satisfaction des usagers : en un an et demi, l'on est passé de 750 à 1 000, puis 1 600 cordobas pour le sac de 50 kg, sans qu'aucune baisse de consommation n'ait été entraînée par ces augmentations successives. Cela est dû au fait que la valeur d'usage des briquettes a été progressivement établie par les utilisateurs eux-mêmes qui, au fur et à mesure de l'expérimentation, ont défini les caractéristiques du produit qu'on leur proposait : par cette opération, l'INE va recueillir de la bouche même des usagers une série d'arguments propres à renforcer sa propre conviction et celle des partenaires qu'il lui reste encore à impliquer. L'attitude des utilisateurs est assez remarquable : dans leur majorité, ceux-ci fournissent un travail d'expérimentation et d'analyse de leurs expériences qui aboutit à la formulation d'une série de modes opératoires applicables dans les diverses situations culinaires, et à la spécification des briquettes par rapport au combustible, le bois, dont elles viennent prendre la place.

L'INE a de la chance : la pénurie de bois se manifeste pour le consommateur sous plusieurs aspects. Pour l'observateur économiste, le plus évident paraît être celui du prix : il est vrai qu'au fil des saisons, le prix du bois connaît des augmentations importantes ; mais, bien que cité, ce facteur arrive très loin derrière d'autres considérations dont la plus importante paraît être la commodité et le confort d'utilisation. Parce que le bois se fait rare, il est coupé de plus en plus vert. Ceci se traduit pour l'utilisateur par des difficultés d'allumage et la production de fumées importantes. À côté de ce premier aspect, unanimement reconnu comme primordial, d'autres caractéristiques des briquettes les rendent séduisantes. Vendues en sac de 50 kg, elles sont faciles à stocker : aucun effort particulier n'est requis pour leur rangement, à la différence du bois. D'une taille adaptée à celle des fourneaux, elles sont prêtes à l'utilisation : pas besoin de se saisir d'une hache pour les découper. Enfin, de l'avis général, elles chauffent plus et plus vite et produisent moins de cendres que le bois. Constatation qui, pour l'INE, n'est que la traduction d'un plus fort pouvoir calorifique : 4 600kC/kg au lieu de 3 700kC/kg pour le bois.

Le prix n'est mentionné qu'en dernier : tous les utilisateurs affirment que les briquettes sont moins chères que le bois. Mais le facteur d'économie est très variable, puisqu'il va de 2 à 5. Ces différences sont liées à l'organisation du marché du bois, très éclaté, qui permet de grandes variations de prix, et à

l'imprécision de la mesure : les prix se calculent à la bûchette ou à la charrette et, de plus, les utilisateurs (surtout domestiques) ne tiennent pas une comptabilité rigoureuse de leurs consommations. Il est remarquable de constater qu'une part importante des utilisateurs disent ne pas acheter le bois, mais se le procurer gratuitement, par exemple grâce à des parents qui possèdent un lopin de terre boisé en bordure des montagnes. Ceci confère une crédibilité importante à l'affirmation générale selon laquelle l'attachement aux briquettes persisterait même en cas de nouvelles augmentations de prix¹⁵. Nous ne nous trouvons pas ici devant la simple substitution d'un produit à un autre, mais devant un processus de création de marché, à petite échelle pour le moment, qui implique le passage d'un mode d'échanges informels à une véritable économie.

Sur le plan technique, les utilisateurs ont élaboré un certain nombre de « méthodes » adaptées à leur situation particulière. Une des plus spectaculaires est la méthode d'allumage mise au point par le boulanger :

Pour l'allumage des briquettes, c'est d'une simplicité totale. J'arrose le sac d'essence, je le pousse au fond du four. Ensuite, j'approche quelques bouts de papier enflammé. Ça s'enflamme tout seul et je peux partir faire autre chose et revenir deux heures après : ça marche tout seul. Avec le bois, c'est beaucoup plus difficile. Il faut surveiller tout le temps que ça ne s'éteigne pas.

D'autres éléments du savoir pratique concernent la manière de s'y prendre pour faire des grillades, les précautions nécessaires pour la bonne conservation des briquettes : pas d'eau, sinon elles se désagrègent, etc. Leur rôle ne se limite pas à cela : nous avons vu que les boulangers eux-mêmes avaient favorisé la diffusion des briquettes auprès de leurs confrères. Certains utilisateurs domestiques font de même :

Ma mère en a donné à des voisines qui font des tortillas, ou des gens qui passaient comme ça et qui demandaient ce que c'était. Les gens, une fois qu'ils ont essayé, sont très intéressés et viennent demander régulièrement quand on sera livré.

Ainsi se trouve ébauché le mini-réseau qui peut permettre la mise en place des points de vente décentralisés. Dans le cas de Posoltega, le village testé par l'expérience, l'organisation est déjà en place :

Ils m'amenaient 25 sacs à la fois, à peu près tous les mois, et les gens les prenaient par un, deux ou trois. Le dernier prix des sacs était de 1 600 cordobas. Au bout d'une semaine, je n'avais plus rien. Il y a une demande assez importante. Même avec un prix plus important, les gens sont disposés à acheter des briquettes. Je fournissais à peu près 10 maisons, le hameau qui est alentour : parce qu'ici, ce n'est pas vraiment le village de Posoltega. Quand ils ont su que j'avais des briquettes, il y a même des gens qui sont venus du village pour m'en acheter.

15. Il faut noter par ailleurs que, malgré un prix très bas, le gaz ne s'est pas imposé comme combustible de substitution pour la cuisine : « Malheureusement, le gaz est très peu cher. C'est le problème général des prix relatifs de l'énergie : les produits importés sont beaucoup moins chers que les produits nationaux. Le taux de change introduit de fortes distorsions. Par exemple, un litre de lait coûte le même prix qu'un gallon d'essence » (INE).

Les utilisateurs jouent dans le processus d'innovation un rôle primordial, qui peut être décliné selon trois modes principaux : ils spécifient par rapport à leur propre environnement les qualités, au sens presque physique du terme, des briquettes ; ils développent un savoir pratique qui permet de routiniser l'utilisation du produit et enfin, ils expérimentent la mise en place de réseaux qui permettront ultérieurement de diffuser et de commercialiser les briquettes. Leur travail peut être décrit comme une série d'expériences qui visent à produire l'alignement entre un objet et le contexte dans lequel il doit s'intégrer : leur position est rigoureusement symétrique de celle des innovateurs, dans la mesure où ils partent d'un objet relativement figé, qu'ils ne peuvent eux-mêmes modifier, et redéfinissent l'environnement (leurs propres comportements, habitudes, relations avec les autres) jusqu'à ce qu'il colle à l'objet, spécifiant du même coup la description de ce dernier. Que l'on s'appuie au départ plutôt sur l'objet ou plutôt sur le contexte, nous remarquons que, dans tous les cas, l'épreuve de l'un par l'autre aboutit à la production simultanée et inséparable de l'objet et du contexte.

Si l'action des utilisateurs augmente le degré de réalisme du projet — mais c'est aussi dans la nature de l'innovation que de susciter des enthousiasmes inespérés —, un ennemi inattendu opère le mouvement inverse, en défaisant en partie le travail des acteurs : c'est à lui que nous allons maintenant nous intéresser.

Amphiserus cornutu ou le diable dans la tige

Brusquement, alors que tout semblait s'ordonner pour le mieux, l'incident : lorsqu'elles passent dans la déchiqueteuse¹⁶, les tiges se trouvent réduites en poudre, tout à fait impropre à la fabrication des briquettes. Pourtant, de l'extérieur, l'apparence des branches est normale. Pour éclaircir ce mystère, l'INE procède à des études sur la faune environnante, à l'intérieur des hangars de stockage. Deux importuns sont repérés ; mais seul l'un d'entre eux paraît menaçant :

Au départ, on avait fait des échantillons très détaillés de la terre dans les magasins : on n'avait rien trouvé, pas un seul prédateur. On était assez tranquilles. Et puis, ça a été un fléau inattendu... On a trouvé beaucoup d'*Amphiserus cornutu* qui est un insecte qui mange le bois : il attaque l'intérieur des tiges de coton en laissant l'écorce intacte. On n'a aucune expérience de ces insectes, car ici, il n'y a pas tellement de stockage de bois. On a fait une révision bibliographique et on s'est rendu compte que c'est un hôte du bambou (INE).

Or, à une trentaine de mètres des hangars de stockage¹⁷ se trouvent quelques bambous. Nul n'aurait pu dire a priori que la présence de bambous à proximité des magasins constituerait un contexte défavorable pour le stockage... Encore fallait-il des circonstances particulières pour qu'*Amphiserus cornutu* se manifeste : lors

16. La compacteuse ne travaille pas directement à partir du matériau brut ; elle est couplée à une déchiqueteuse qui réduit les tiges en copeaux qui, eux, peuvent être compactés.

17. Ces hangars sont d'immenses « maisons de soin du tabac » (traduction littérale de l'espagnol), dans lesquelles les feuilles de tabac sont mises à sécher après la récolte. Par un heureux hasard, la période d'utilisation normale de ces hangars débute vers le mois de novembre, ce qui laisse les « maisons » libres pour les tiges de coton dont la récolte se déroule entre janvier et avril.

des deux premières campagnes, il n'était pas apparu. Les récoltes avaient été effectuées manuellement ou semi-manuellement avec l'arracheuse soudanaise ; pour simplifier la manutention lors des opérations de chargement et de déchargement, et pour économiser du transport, une déchiqueteuse avait été installée sur le champ. Au fur et à mesure de leur ramassage, les tiges étaient débitées par la déchiqueteuse qui les évacuait, sous forme de tronçons d'une dizaine de centimètres de long, dans les remorques qui, ensuite, étaient amenées par un tracteur jusqu'aux hangars de stockage. Le stockage s'effectuait donc sous une forme légèrement compactée.

Avec la nouvelle machine, nous avons vu que l'on obtient des fagots qui facilitent la manutention : de cette manière, l'on peut réduire les opérations de déchiquetage qui, dans le dispositif antérieur, sont au nombre de deux (une sur le champ et la deuxième couplée avec l'opération de compactage). Cela permet de limiter les investissements — il n'y a plus besoin de déchiqueteuse pour le champ — et la consommation d'énergie, qui est relativement importante pour ce genre d'opérations.

Pour établir le lien entre la forme du stockage et l'attaque d'*Amphiserus cornutus*, l'INE se livre à une nouvelle expérience : les tiges emmagasinées et non encore attaquées sont débitées comme lors des années précédentes. Les résultats sont probants :

Ces insectes ont besoin d'espace pour bouger et d'oxygène pour respirer : c'est pour cela que quand les tiges sont stockées sous forme de tronçons, c'est-à-dire quand elles sont plus compactées, ils ne peuvent pas survivre.

Pour essayer de préserver le montage prévu avec la nouvelle machine, l'INE tente l'application d'insecticides qui sont disponibles sous deux formes différentes : un fumigant, impossible à appliquer correctement dans les hangars, trop largement ouverts sur l'extérieur, et un pyreptoïde qui s'épand sur les grains emmagasinés. Au bout de trois applications successives, aucune amélioration n'est constatée : il semblerait que cela soit lié à la forme des tiges qui empêchent la pénétration du liquide à l'intérieur du tas. Il ne reste qu'une seule solution, le déchiquetage avant l'emmagasinage :

Le problème, c'est qu'on a fait une machine qui arrache, transporte, compacte et attache les tiges en fagots, avec l'idée qu'elles seraient stockées sous cette forme. La déchiqueteuse coûte assez cher. Il va peut-être falloir revoir la philosophie de l'arracheuse (INE).

En même temps qu'il la défait, *Amphiserus cornutus* met en évidence la cohérence des choix opérés par les concepteurs : l'arrachage et le stockage ne sont pas deux opérations indépendantes ; elles forment un ensemble technico-économique : qu'*Amphiserus cornutus* attaque les tiges stockées, il met en péril l'analyse qui a orienté les choix techniques lors de la conception de l'arracheuse.

Deux possibilités sont offertes aux promoteurs :

— garder l'arracheuse actuelle et ajouter une opération de déchiquetage : mais il faut pouvoir sauvegarder la rentabilité de l'ensemble, en fonction des hypothèses qui ont été faites sur l'organisation de la production ; or cette rentabilité n'est évaluable qu'au bout de l'expérimentation, quand le dessin des machines est complètement fixé, quand les acteurs qui doivent participer à la

production et à la commercialisation ont pris la place dans le dispositif, etc. À ceux qui pensent qu'il est possible de faire a priori un calcul économique fiable, l'intervention d'*Amphiserus cornutu* vient apporter le plus clair démenti : l'évaluation ne se consolide que dans les mises à l'épreuve successives que constitue l'élaboration du projet ;

- redéfinir une autre machine, qui prenne en compte les possibilités technico-économiques modifiées par *Amphiserus cornutu*.

En fait, avant même ce dernier épisode, les concepteurs s'étaient ménagé une porte de sortie : conscients de la complexité de l'arracheuse, ce « monstre », mais à la fois convaincus, par les résultats déjà obtenus, de l'intérêt global du projet, ils avaient déjà réfléchi à la conception d'une autre machine qui permettrait d'obtenir un compromis légèrement différent entre les contraintes de main-d'œuvre et la complexité technique, le poids financier des machines. Dans la mesure où *Amphiserus cornutu* ne s'était pas manifesté à l'époque, cette machine n'est pas une réponse directe à son attaque ; mais elle représente une alternative susceptible de faire jouer différemment la répartition des coûts et, à ce titre, elle pourrait être rendue, par l'intervention de cet acteur inattendu, relativement plus intéressante que la solution précédente.

L'idée qui a présidé à sa conception est liée à une analyse des problèmes rencontrés avec la machine précédente¹⁸ : ce qui la rend complexe, c'est le fait d'avoir voulu coupler en une seule machine deux opérations très différentes, l'arrachage et la mise en fagot. La machine soudanaise est un bon outil pour arracher les tiges ; le problème à résoudre est celui du ramassage. La nouvelle machine constitue un essai pour trouver une solution à ce problème, indépendamment de l'arrachage.

Le principe de base est celui de la fourche, l'outil artisanal de ramassage : au bout d'un bras se trouve une fourche ; l'ensemble du dispositif est mû par un tracteur classique ; dans un premier temps, la fourche repose sur le sol et, au fur et à mesure de l'avancement du tracteur, les tiges s'accumulent sur la fourche. Quand une certaine quantité de tiges a été amassée, le tracteur s'arrête, le bras se lève et une autre fourche située en sens inverse par rapport à la première se referme sur le fagot, de telle sorte que les deux fourches forment une sorte de pince. Un ouvrier attache le fagot qui est libéré ensuite par la réouverture de la pince et l'abaissement du bras.

La machine devait arriver au Nicaragua¹⁹ au mois de décembre 87²⁰ et être expérimentée lors de la campagne suivante en même temps que continuerait

18. Lors de l'unique campagne menée avec le « monstre », un problème était en effet apparu : les courroies de transport des tiges s'étaient distendues sous l'effet de la chaleur, ce qui les rendait impropres à leur fonction. D'autres courroies, dans un matériau différent, ont été envoyées par les Suédois, mais elles ne sont pas arrivées à temps pour pouvoir être testées lors de cette récolte, ce qui n'a pas permis d'établir en toute certitude la faisabilité technique de ce mode de collecte. Les Nicaraguayens conservaient des doutes sur le principe même du transport et se demandaient s'il ne faudrait pas envisager des remaniements importants de la machine.

19. Comme les autres machines du projet, elle est fabriquée en Suède. De l'avis des gens de l'INE, cette situation devrait se prolonger même en cas de passage de la production de briquettes au stade industriel : « Il n'est pas prévu de faire les machines ici mais de continuer à les acheter en Suède. C'est impensable. Ce pays ne produit rien ; il n'a pas d'industries. »

20. Cette enquête a été réalisée en novembre 87.

l'expérimentation du « monstre » : de la sorte, les Nicaraguayens s'étaient munis d'une bouée de sauvetage qui devait en principe leur permettre d'assurer la récolte quels que soient les problèmes techniques de l'une ou l'autre machine. Notons que cette nouvelle machine s'inscrit dans un espace socio-technique assez différent de celui du « monstre » : alors qu'avec cette dernière, une seule « passe » permettait d'obtenir le matériel prêt au stockage, il faut maintenant trois machines et trois opérations différentes (arrachage, ramassage, déchiquetage) ; si chacune d'entre elles est plus « simple »²¹ et moins coûteuse à l'investissement, l'investissement total ne sera sans doute pas négligeable alors même que les coûts de fonctionnement sont plus lourds en combustibles et en main-d'œuvre, laissant encore en suspens une question cruciale : à quel prix faudrait-il acheter les pailles préparées pour convaincre les haciendas de se lancer dans leur production ?

Conclusion

De la même manière que les utilisateurs, intégrant les briquettes dans leur environnement, contribuaient à en définir les caractéristiques, *Amphiserus cornutu*, en étendant son espace de l'univers des bambous à celui des tiges de cotons, spécifie la nature et les conditions d'utilisation de ces dernières : les deux mouvements sont donc tout à fait analogues à ceci près qu'au lieu de consolider le montage socio-technique construit par le projet, *Amphiserus cornutu* en défait l'une des articulations principales. De ce fait, le partage des compétences prévu initialement entre la sphère agricole et la sphère de production, au sens strict, des briquettes se trouve remis en cause par l'action de ce prédateur.

De l'utilisation de la compacteuse à la définition de l'arracheuse, puis de la ramasseuse, nous n'avons cessé de voir des concepteurs extrêmement mobiles, se déplaçant sans arrêt pour être capables d'appréhender les contraintes d'un monde qu'ils organisent peu à peu. Si nous retournons mentalement au point de départ « fabriquer des briquettes avec une compacteuse suédoise », nous pouvons jauger la distance parcourue ; nous nous trouvons devant un projet qui, comme tout projet d'innovation, doit mettre en relation des éléments et des acteurs très divers dont on ne peut mesurer le poids relatif qu'a posteriori : d'où les différentes tentatives techniques qui sont autant d'essais pour faire prendre corps à cet ensemble et le solidifier, l'étape ultime de ce processus étant de parvenir à une description économique du réseau ainsi constitué. Nous allons maintenant nous intéresser aux conditions nécessaires à cette mise en « chiffres ».

21. Ceci étant, la simplicité est une notion toute relative : le principe de cette machine est simple au sens où il met en œuvre peu de mécanismes, entre autres, parce qu'il n'a été pris en compte qu'un faible nombre de paramètres : le fonctionnement risque d'être moins simple, c'est du moins ce que craint l'INE : « J'ai un certain nombre de réserves : à cause de la faible densité du coton, je crains que les fourches ne fassent que pousser le coton au lieu de le ramasser. Il faudrait à mon avis une forme de fourche beaucoup plus fine, aiguë, qui gratte quasiment le sol. J'ai peur que, pour que les fourches fonctionnent, il ne faille déjà que les tiges soient en ordre, à peu près toutes dans le même sens. Or l'arracheur les laisse à peu près n'importe comment. Peut-être faudrait-il faire un premier arrangement manuel avant le ramassage. Mais ça risque d'être coûteux en main-d'œuvre. »

L'économisation du système socio-technique, mise en équivalence finale des réseaux

Nous avons déjà signalé, au fur et à mesure de la présentation des différentes parties du dispositif, les incertitudes qui pèsent sur les coûts, qu'il s'agisse des coûts d'investissement ou de fonctionnement. Quel prix peut-on, par exemple, prendre en compte pour les différentes machines ?

Il y a un certain nombre d'incertitudes, sur les économies d'échelle par exemple. La première compacteuse nous a coûté 100 000 \$. Il y a eu un appel d'offres pour deux compacteuses : c'est déjà seulement moitié prix. Pour l'arracheuse, on a dépensé pour le moment 214 000 \$. C'est un prototype, c'est normal que ça coûte cher. Mais on n'a pas tellement idée du prix de production en série (INE).

Le prix final est fonction de la confiance des promoteurs dans leur projet : il ne peut être définitivement évalué que lorsque l'INE, se sentant assurée de maîtriser les paramètres principaux, se lancera dans la consultation des fabricants en leur faisant miroiter un carnet de commandes suffisamment fourni. Les coûts de production au sens strict, c'est-à-dire hors investissements, sont encore loin d'être accessibles : seule la cueillette manuelle ou semi-manuelle a pu faire l'objet d'une évaluation qui met en relief des coûts de main-d'œuvre élevés. L'arracheuse a été testée seulement sur une saison ; les problèmes rencontrés avec le système de transport n'ont pas permis d'atteindre un rythme de travail assez soutenu pour établir un chiffrage du travail assuré par les différents « acteurs » : ouvriers, conducteur, pétrole...

Dans cette liste d'incertitudes, la plus surprenante est celle qui pèse sur les rendements surfaciques des tiges de coton. Elle constitue le grand « mystère » du projet :

On ramasse 4 tonnes par hectare. Normalement, ça devrait être beaucoup plus. C'est un problème : on n'est pas arrivé à une règle qui permette de déterminer précisément le rendement par hectare. On nous a dit : il y a 27 000 plants de coton par hectare. Chaque plant fait à peu près 400 g une fois séché, c'est-à-dire à 18 % d'humidité. Normalement, on devrait obtenir 10,8 tonnes à l'hectare. Or, on n'en obtient que 4 au maximum. On ne peut pas dire que le travail prévu n'a pas été fait ; c'est nous-mêmes qui surveillons les ouvriers agricoles lors de la récolte. Il y a plusieurs explications, aucune ne me satisfait pleinement :

- dans les opérations de chargement des brindilles sur les remorques, il y en a une partie qui se perd dans l'environnement ;
- il y a les chemins pour les tracteurs qui doivent prendre un peu de surface ;
- on a des cartes des parcelles qui nous donnent la surface. Il y a une certaine distance entre chaque plante : c'est parfaitement mesurable et vérifié, il y a bien les 27 000 plants. La seule chose qu'on n'a pas vérifiée, c'est la surface (INE).

Cet exemple rappelle à ceux qui l'auraient oublié que, pour parler de productivité en agriculture, il faut disposer d'une cartographie à peu près fiable ! Tant qu'on n'est pas vraiment sûr qu'un hectare est bien un hectare, le bilan et surtout la prévision économique de la part « activité agricole » sont difficiles à inférer de l'expérience passée.

La dernière grande incertitude concerne la taille du marché et les prix acceptables pour les consommateurs. La viabilité finale du projet ne peut s'évaluer qu'en réunissant l'ensemble de ces « données », qui, contrairement à ce que ce mot pourrait laisser supposer, ne sont accessibles qu'au terme d'un long travail de mise en forme socio-technique : le calcul du rendement surfacique pouvait être fait avant toute expérimentation : il a d'ailleurs été fait : mais, hors de sa « réalisation » par la récolte, il est impossible d'apprécier le poids de l'incertitude qui pesait sur lui.

Nous avons vu plus haut que les consommateurs semblaient bien disposés à l'égard des briquettes et prêts à suivre pendant un certain temps un processus d'augmentation de leur prix, les avantages extra-économiques des briquettes justifiant à leurs yeux un effort de ce type. Dès que l'on sort du cadre de la petite production artisanale, le problème du prix change de sens : la décision de passer au stade opérationnel sera prise par des instances politiques d'un niveau élevé. Pour celles-ci, deux éléments sont à prendre en compte : il faut, d'une part, que les briquettes ne soient pas « plus chères » que le bois, jugé excessivement onéreux et, d'autre part, que le bilan global de l'opération, à défaut d'être « positif », le soit relativement plus que toute autre solution, la reforestation par exemple, au problème du bois.

La comparaison avec le « prix du bois » est un exercice périlleux, malgré son caractère a priori évident. Les deux produits, briquettes et bois, fonctionnent dans des réseaux totalement disjoints et surtout de formes profondément différentes. La production et le commerce du bois sont laissés à une foultitude d'agents indépendants qui opèrent sans concertation ni contrôle fort. Ce qui signifie une grande variabilité des prix comme nous l'avons déjà signalé et une imprécision des systèmes de mesure, qui vont de la bûchette à la charrette. Le concept de « substitution » rend très mal compte du processus engagé par l'INE : il y a création d'un marché, au sens où des individus qui s'approvisionnaient hors de tout circuit commercial réorientent leur consommation vers un produit commercial : de surcroît, l'extension de ce marché est susceptible à moyen terme de redéfinir les caractéristiques et le mode de fonctionnement du marché du bois²². De la même manière, l'existence des briquettes crée un nouveau contexte pour les différentes solutions à la situation de pénurie. Certaines études avaient été faites pour évaluer le coût d'une reforestation par plantation : elles avaient conclu à la non-rentabilité d'une opération de ce type. Mais de l'avis de l'INE, il serait nécessaire de refaire ce travail afin de pouvoir disposer d'éléments de comparaison entre les différentes possibilités et d'établir la rentabilité de la production

22. Le marché des briquettes est un marché de type industriel, en forme de réseau centralisé dans lequel circulent des objets stabilisés, dans leur forme, leur composition, leur densité, leurs performances, leur présentation, leur prix... Les marchands de bois se comportent en « agents égoïstes », qui détiennent chacun l'accès à leur petit réseau : ils vivent en quelque sorte dans une économie de cueillette qui n'intègre que le court terme : ils prélèvent en premier lieu les meilleures essences, puis passent aux essences de deuxième qualité, etc. Par ailleurs, l'introduction des briquettes peut amener les consommateurs à redéfinir leurs exigences et, en conséquence, induire une transformation importante du marché du bois.

des briquettes, non plus considérée comme une activité productive séparée, mais à l'intérieur d'une politique globale de l'énergie²³.

Bien souvent, l'on entend dire qu'une innovation a réussi parce qu'elle était économiquement rentable. L'exemple nicaraguayen démontre que le problème de la rentabilité est une question particulièrement délicate à traiter : la difficulté vient de ce qu'elle n'est possible à évaluer que lorsque l'ensemble des paramètres techniques, sociaux, organisationnels ont été stabilisés, c'est-à-dire lorsque le partage des tâches et des compétences entre le dispositif technique et les différentes composantes de l'« environnement » est devenu consensuel. En d'autres termes, cela signifie que la description du micro-univers propre à chaque acteur admet des référents fixes : aux tiges de coton inscrites dans les machines correspondent, point à point, les tiges de coton présentes, chaque année, sur les différents champs de coton nicaraguayens ; de même pour les briquettes telles que décrites par les modes opératoires des usagers et les briquettes effectivement livrées par les producteurs, etc. À partir de là, chaque micro-univers peut être considéré comme une sorte de boîte noire, recevant d'autres boîtes noires un certain nombre d'objets et redistribuant elle-même d'autres objets ; l'ensemble de ces micro-univers fonctionne alors comme un réseau, décrit, aux deux sens du terme, par la circulation d'objets entre des points (haciendas, consommateurs, fabricants des machines, etc.) auxquels peuvent être ramenées les boîtes noires. L'économisation du réseau n'est qu'un des modes possibles par lesquels les mises en équivalence locales, réalisées entre deux points du réseau par la circulation d'un objet, se trouvent globalisées dans une mise en équivalence générale du réseau²⁴. Cette économisation n'est cependant pas une simple redondance du réseau : elle participe, en tant qu'elle est projetée comme résultat final par les innovateurs, à la mise en forme du système socio-technique ; de plus, elle requiert, comme nous venons de le voir, la mise en place d'instruments de mesure spécifiques qui permettent la stabilisation de certains paramètres, laissés jusqu'alors dans l'indétermination. Mais, lorsqu'elle réussit, elle vient en quelque sorte naturaliser le travail considérable accompli par les acteurs, de manière simultanée et inséparable, sur la technique, le social, le monde physique, etc. Alors s'accomplit ce renversement caractéristique des innovations réussies : la cause du succès devient la rentabilité du projet, alors que, dans le même mouvement, les propriétés imputées aux acteurs et aux objets, dont nous avons vu plus haut qu'elles n'étaient que le résultat des différentes épreuves qui constituent le processus d'innovation, participent désormais, par un effet de rétroactivité, de l'essence même de ces acteurs et de ces objets. En bout de course, les tiges de coton *sont* équivalentes au bois, *ont* telle ou telle forme, les consommateurs *ont* tel ou tel besoin, *possèdent* telle ou telle compétence, la

23. Cette vérification sera indispensable dans le cas où l'activité « briquettes » ne serait pas rentable en elle-même et où il serait nécessaire de la subventionner.

24. Les lois scientifiques ou le vote représentent d'autres modes de mise en équivalence générale. Sur l'analyse des réseaux scientifiques et la construction des boîtes noires, on peut voir : Callon, Law et Rip (éd.) (1986). Par ailleurs, Luc Boltanski et Laurent Thévenot (1987) ont construit un certain nombre de « cités » modèles permettant de décrire diverses situations d'interaction sociale, ces cités étant caractérisées, entre autres, par le principe à partir duquel se construit l'équivalence entre les acteurs de la cité.

technique *a* telle ou telle caractéristique, etc. C'est la raison pour laquelle nous pouvons dire que la construction des systèmes techniques participe pleinement à la construction de notre monde et de notre culture, mais qu'elle ne s'accomplit totalement que dans la dénégation de ses propres effets : la connaissance repose bien souvent sur la méconnaissance de ce qui la fonde²⁵.

Références

AMADO P.

1985 *Une aventure : le programme ASVIN. Impact économique et socio-culturel d'une innovation technologique*. Paris : CNRS.

BOLTANSKI L. et L. Thévenot

1987 *Les économies de la grandeur*. Paris : Presses Universitaires de France, Cahiers du Centre d'études de l'emploi.

CALLON M.

1986 « Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles St-Jacques et les marins-pêcheurs dans la baie de St-Brieuc », *L'Année Sociologique*, 36 : 169-208.

CALLON M., J. Law et P. Rip (éd.)

1986 *Mapping the Dynamics of Science and Technology*. London : McMillan.

HENNION A.

1985 « Le peuple, le sociologue et le producteur à succès. Esthétique populaire et théâtralité théorique » : 249-265, in *Révoltes logiques*. Paris : La Découverte et Presses Universitaires de France.

HUGHES T.P.

1983 *Networks of Power. Electrification in Western Societies, 1880-1930*. Baltimore : John Hopkins University Press.

JENKINS R.V.

1976 *Images and Enterprise : Technology and the American Photographic Industry, 1839-1925*. Baltimore : John Hopkins University Press.

KIDDER J.T.

1982 *Projet Eagle*. Paris : Flammarion

KRANAKIS E.

s.d. *Social Frameworks and Technological Cultures : Comparative Studies of France and America in the 19th Century*. (À paraître)

LATOUR B.

1984 *Les microbes : guerre et paix*, suivi de *Irréductions*. Paris : A.M. Métailié.

LEMONNIER P.

1984 « L'écorce battue chez les Anga de Nouvelle-Guinée », *Techniques et Culture*, 4 : 128-175.

MICUTA W.

1984 *Des fourneaux modernes pour tous*. Aix-en Provence : Edisud.

25. Sur un tout autre sujet, puisqu'il s'agit d'une analyse du « populaire » dans la sociologie de Pierre Bourdieu, Antoine Hennion (1985) arrive à une conclusion similaire.

SHAPIN S. et S. Schaffer

1986 *Leviathan and the Air- Pump*. Princeton : Princeton University Press.

SVENNINGSSON P.J.

1985 « Cotton Stalks as Energy Source for Nicaragua », *Ambio*, 14, 4-5 : 299-303.

RÉSUMÉ/ABSTRACT

La construction d'un système socio-technique Esquisse pour une anthropologie des techniques

Dans cet article, nous nous proposons de traiter des relations entre les systèmes techniques et tout ce qui est généralement entendu sous le vocable de « contexte » ou d'« environnement ». Nous partirons d'un projet d'innovation — la conception, au Nicaragua, d'un système technique permettant de fabriquer des briquettes, destinées à la combustion, à partir des tiges de cotonnier — en montrant comment chaque choix technique se trouve au nœud entre des contraintes et des problèmes de nature très diverse. Mais, nous intéressant plus spécifiquement à la manière dont les objets techniques participent à la construction de notre culture, entendue au sens large du terme, nous essayerons de prolonger ce travail en direction de ce que l'on pourrait appeler une anthropologie des techniques. Plus que de suivre strictement l'élaboration d'un système technique, il s'agira de montrer la genèse simultanée de l'objet et de son environnement.

The Construction of a Socio-Technical System Outline for an Anthropology of Techniques

In this paper, we intend to deal with the relations between technical systems and all that is generally understood under the terms of « context » or « environment ». We will start from an innovation project — the conception, in Nicaragua, of a technical system enable to make briquettes for combustion from cotton plant stems —, showing how every technical choice is set in a knot of constraints and problems of all kinds. But then, as we take more specific interest in the way technical objects take part to the construction of our culture (understood in its broad sense), we will try to extend this work towards what may be called an anthropology of techniques. That should be more than strictly following the elaboration of a technical system : the simultaneous genesis of the object and of its environment should be shown.

Madeleine Akrich
Centre de Sociologie de l'Innovation
École des Mines de Paris
62, boul. Saint-Michel
75006 Paris
France